

Фотоиндуцированный нагрев тонких азополимерных пленок

Е.А. Черных, С.С. Харинцев

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Институт физики, 420008, г. Казань, Россия

elenorchernykh@gmail.com

В этой работе демонстрируется исследование фотоиндуцированного нагрева свободной азополимерной пленки с использованием наномасштабной сканирующей тепловой микроскопии, а также температура стеклования этих пленок в подвешенном состоянии и на подложках с помощью предложенного метода регистрации фазы колебаний АСМ кантилевера при нагреве образца. Мы демонстрируем зависимость температуры стеклования от толщины пленки.

Photoinduced heating of thin azopolymer films

E.A. Chernykh, S.S. Kharintsev

Kazan Federal University, Institute of Physics, 420008, Kazan, Russia

This work demonstrates the study of photoinduced heating of a free azopolymer film using nanostructured scanning thermal microscopy, as well as the glass transition temperature of these films in free-standing state and on substrates using the proposed method for recording the AFM cantilever oscillation phase upon sample heating. We demonstrate the dependence of the glass transition temperature on the film thickness.

Тонкопленочные полимерные системы, функционализированные молекулами азобензола, являются одним из наиболее перспективных материалов для гибкой органической наноэлектроники и фотоники. Повышенный интерес к таким средам вызван возможностью управления их оптическими свойствами с помощью внешних полей: конфигурационные внутримолекулярные изменения за счет транс-цис фото-изомеризации (Рис. 1), фото-/электро- ориентация боковых цепей и макроскопическая миграция полимера по его поверхности [1]. Благодаря этим механизмам азополимеры нашли применение в формировании поверхностных рельефных решеток, наблюдении нелинейных оптических эффектов, системах записи и хранения оптической информации, оптических переключателях [2-9].

Молекула азокрасителя, первоначально находящаяся в транс-состоянии, поглощает квант света и переходит в возбужденное состояние. Далее она переходит либо непосредственно обратно в транс-состояние, либо косвенно через метастабильное цис-состояние в транс-состояние. В течение всего процесса избыточная энергия преобразуется в тепло. Такой многоциклический механизм приводит к фотоиндуцированному нагреву всей пленки. Тепло, накопленное в пленке, может влиять на стабильность ориентированного состояния молекул в стекловидной среде, и поэтому оптическая анизотропия может изменяться во времени. Стабильность ориентированного состояния таких сред характеризуется температурой стеклования (T_g).

Температура стеклования характеризует переход, при котором внутренняя структура полимера изменяется от твердого стеклообразного состояния к вязко-текучему. Определение температуры стеклования полимерных материалов было предметом интенсивных исследований последние 50 лет. В настоящее время существует множество методов определения температуры стеклования объемных аморфных и жидких кристаллических полимеров, однако большинство из этих методов обладают низкой чувствительностью. Кроме того, перечисленные подходы неприменимы к полимерным пленкам толщиной менее 100 нм. Методы, основанные на атомно-силовой микроскопии (АСМ), являются одними из самых перспективных, извлекая информацию об образце по анализу поведения АСМ кантилевера. В этой работе мы предлагаем метод определения

температуры стеклования тонких полимерных пленок с использованием термической атомно-силовой микроскопии, а также исследуем их фотоиндуцированный нагрев.

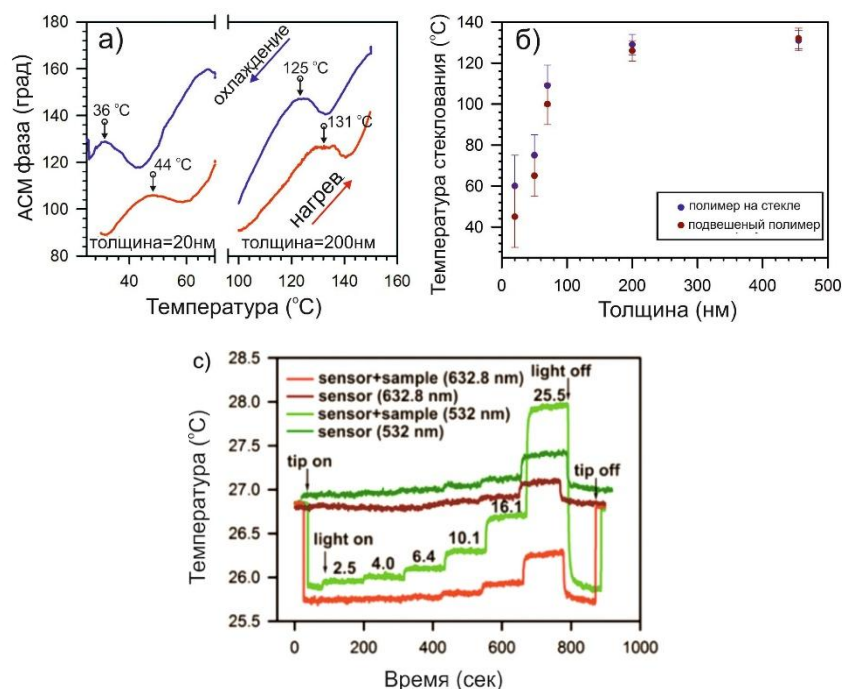


Рисунок 1. а) Зависимость фазы колебаний кантилевера от температуры образца для пленок толщиной 20 нм и 200 нм;
б) зависимость температуры стеклования полимерных пленок на стеклянных подложках и подвешенных пленок от их толщины;
с) фотоиндуцированный нагрев датчика с тонкой пленкой ОАХФ и без нее при воздействии лазерного излучения с длиной волны 532 и 632,8 нм (на рисунке указана интенсивность света, выраженная в мВт/см²).

В представленной работе температура подвешенной тонкой азополимерной пленки, облучаемой лазерным излучением с интенсивностями в несколько мВт/см², была впервые измерена с помощью сканирующей тепловой микроскопии. Мы экспериментально продемонстрировали аномальное снижение $T_g(h)$ примерно на 80 и 70 К как для подвешенной пленки, так и для пленки на подложке, соответственно. Несмотря на незначительный фотоиндуцированный нагрев около 2 К при умеренной интенсивности мВт/см², этот эффект усиливается при освещении азополимерной пленки лазерным излучением, с интенсивностью порядка (Вт/см²) или (кВт/см²). Поэтому мы заключаем, что фотоиндуцированное нагревание сверхтонкой (<100 нм) пленки азополимера может отрицательно влиять на стабильность его ориентированного состояния из-за пониженной температуры стеклования.

1. Nikonorova N.A., *Chem. Phys. Lett.* **522**, 114 (2012).
2. Mahimwalla Z., *Polym. Bull.* **69**, 967 (2012).
3. Cojocariu C., *Pure Appl. Chem.* **76**, 1479 (2004).
4. Labarthe L.F., *J. Raman Spectrosc.* **27**, 491 (1996).
5. Natansohn A., *Macromolec.* **27**, 25820 (1994).
6. Shi W., *Appl. Phys. Lett.* **79**, 3749 (2001).
7. Wang Y., *J. Chem. Phys.* **123**, 704 (2005).
8. Ho M.S., *Macromolec.* **28**, 6124 (1995).
9. Fiorini C., *J. Opt. Soc. Am. B.* **14**, 1984 (1997).